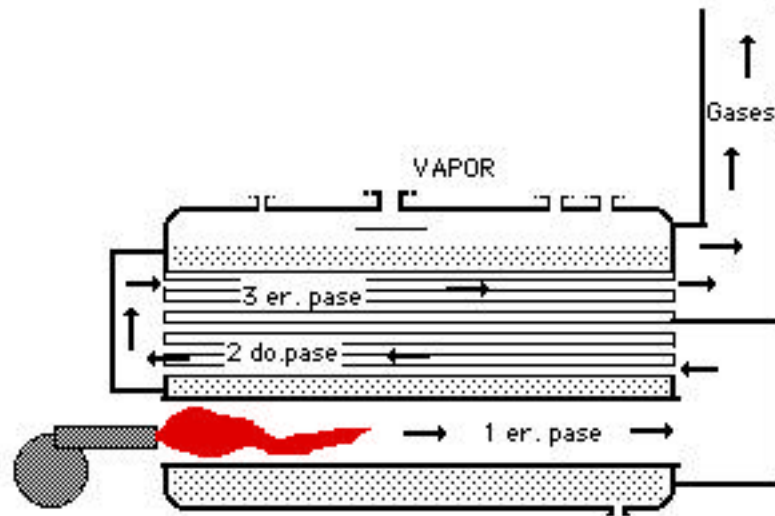


CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

MODULO 2:

LOS COMBUSTIBLES

SU COMBUSTIÓN

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

Los combustibles y su combustión :

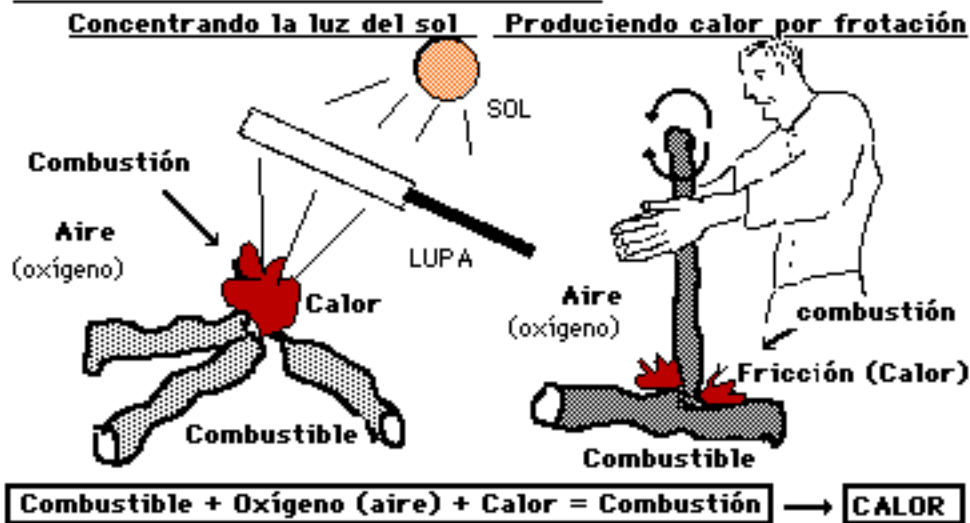
Llamaremos combustibles a aquellos productos que emplearemos para "quemar" en las calderas para producir calor, como los **derivados del petróleo** : Fuel Oil pesado, Fuel Oil calefacción, Gas-Oil, Super-gas, gas de cañería; los **derivados de vegetales** (celulósicos) como : la leña , las cáscaras (de arroz, de girasol, etc .) **los combustibles extraídos del subsuelo en forma de sólidos** como del tipo de carbón (antracita, lignitos, bituminosos, etc.) ó **gases** como: el gas natural, el gas producido en forma artificial (gasógenos de carbón, de leña, etc.) . Vemos que tenemos combustibles **sólidos, líquidos y gaseosos**.

Los combustibles están formados por elementos que al unirse al oxígeno del aire (oxidación rápida o combustión) producen calor y elementos que son indiferentes a este oxígeno (no reaccionan con el oxígeno, son inertes y se van con el gas caliente o quedan como cenizas).

Para que exista una combustión de un elemento se deben dar las **condiciones apropiadas** : que **exista un elemento combustible** , que **el oxígeno se encuentre con este elemento** y **que la unión química** (oxidación) **se pueda producir** (es decir: se necesita que haya un catalizador o condición que facilite esta unión, en el caso de las calderas **es el propio calor el que permite esta unión**, en otros casos podrá haber un inductor de este comienzo de oxidación (chispa eléctrica, fricción, etc) o un metal u óxido de metal catalizador , etc., que luego mantiene el propio calor generado). También se necesita un **tiempo de combustión**, que varía de acuerdo a los combustibles y a las condiciones en que se produce dicha combustión.

COMBUSTIBLE + OXIGENO + CALOR + TIEMPO = CALOR

FORMAS DE COMENZAR UNA COMBUSTION



Vemos que hay una relación de 3 elementos para que exista la combustión: 1- un **combustible**, 2- el **oxígeno** del aire y 3- que exista **calor** (para provocar la reacción). A estas condiciones tendremos que agregarle el **tiempo suficiente** para que se produzca esta combustión en un determinado espacio, y para mantenerla, la **suficiente temperatura** (si se enfría la misma se "apagará").

El lugar en que se produce la combustión se llama **hogar o cámara de combustión**, debiéndose completar la combustión en dicho espacio. De lo contrario veremos que por alguna razón **faltó tiempo** o no se dieron las condiciones de producirse la **combustión total**, es decir que se ha producido una **combustión parcial** (hay elementos que saldrán por la chimenea sin "quemar", es decir, sin oxidar o parcialmente oxidados, esta pérdida puede llegar a ser importante).

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

Los elementos que aportan calor en los combustibles son: el **Carbono(C)**, el **hidrógeno (H)** y el **azufre (S)**.

El Carbono se puede unir a un oxígeno (**CO**, se llama **monóxido de carbono**) o a dos oxígenos (**CO²**, se llama **anhídrido carbónico**). Relación entre átomos.

COMBUSTION

CARBONO + OXIGENO = CO₂ Anhídrido carbónico

C + O₂ = CO₂ + 8150 Kcal. / Kg . Comb. completa

CARBONO + OXIGENO = CO Monoxido de carbono

C + O₂ = CO + 2456 Kcal./ Kg . Combustión incompleta

**Pérdida por cada Kg . C a medio quemar 5600 Kcal./Kg .
esto es una pérdida de casi 70%.**

HIDROGENO + OXIGENO = H₂O AGUA

**2H₂ + O₂ = 2 H₂O + 33. 990 Kcal./ Kg . (P.C.S.)
+ 28.630 Kcal./Kg . (P.C.I.)**

AZUFRE + OXIGENO = SO₂ ANHIDRIDO SULFUROSO

S + O₂ = SO₂ + 2.160 Kcal./Kg . corrosivo

El **CO o monóxido de carbono** es un gas que no tiene color ni olor, es venenoso y **es indeseable que se produzca como resultado de la combustión**, ya que el calor que ha producido sólo es 1/3 de lo que es capaz de producir la misma cantidad de carbono. (2.200 Kcal. por Kg. de C). Este mismo **CO o monóxido de carbono**, también puede ser suministrado como combustible (gasógenos), quemándolo y obteniendo el calor restante de su oxidación total .

El **CO₂ o anhídrido carbónico** es un gas que no tiene color ni olor, es el resultado deseado de la combustión del carbono que encontraremos en los gases de chimenea, ya que en esta condición ha entregado el máximo de calor (7.833 Kcal . por Kg. de C).

El **anhídrido carbónico** se utiliza para el "gas" de las bebidas gaseosas, para "apagar" el fuego con los "bomberitos" o porrones (se encuentra en estado líquido al estar a presión en interior del porrón y al salir se transforma en un gas frío que desplaza el aire -oxígeno- apagando el fuego).

El anhídrido carbónico puede ser nocivo para la salud (aunque es un gas que expulsamos en nuestra respiración) ya que desplaza el aire del lugar en donde se encuentra, por ser más pesado que el aire. Esto debe ser muy tenido en cuenta cuando se limpian las cubas de vinos en la bodegas, las mismas suelen estar llenas de este gas y deben ser ventiladas antes de entrar (**puede haber muerte por asfixia**).

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

El **hidrógeno (H)** unido al oxígeno (**O**) produce **agua (H²O)** (que saldrá por la chimenea en forma de vapor de agua) y **calor** (33.990 Kcal . por Kg. de H₂ si consideramos que el agua formada se condensa a 0°C). Como vemos produce gran cantidad de calor por Kg. de hidrógeno. Los sopletes que funcionan con hidrógeno producen altas temperaturas. Se utiliza como combustible para cohetes a reacción, es muy explosivo cuando se mezcla con el aire, etc..

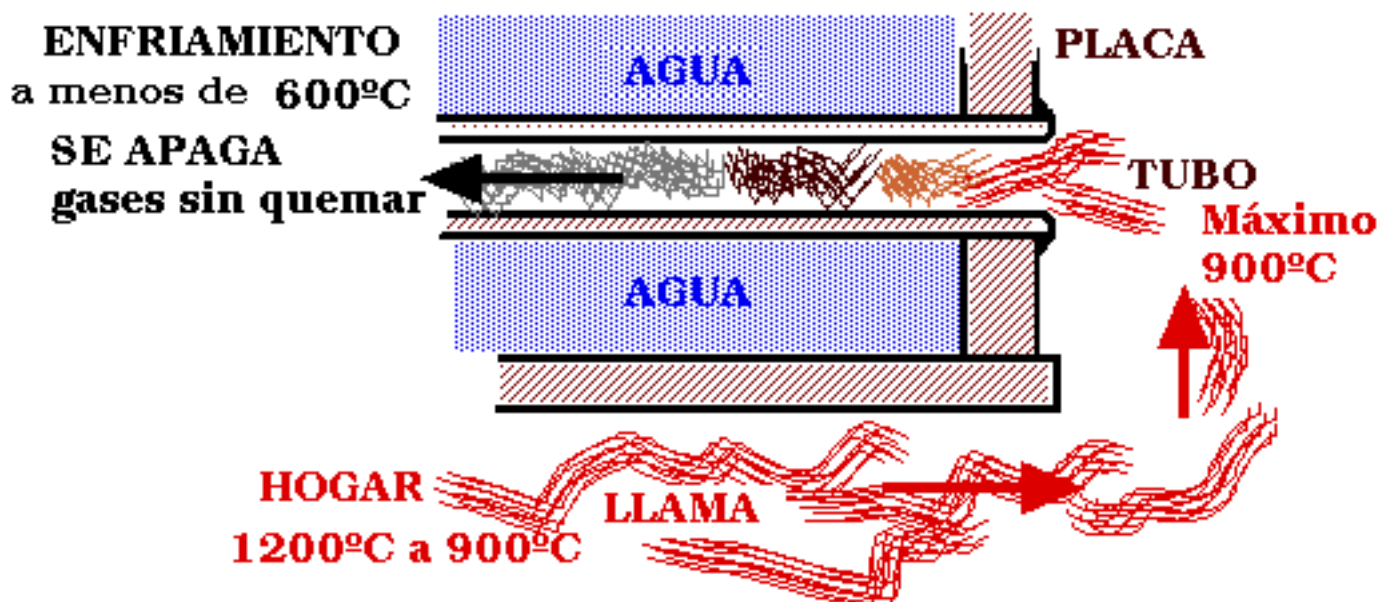
El **azufre (S)** al unirse al oxígeno (**O**) produce **anhídrido sulfuroso (SO₂)**, un gas con olor fuerte , venenoso y se produce calor (2165 Kcal . por Kg. de S). Este es un elemento indeseable en los combustibles, porque produce poco calor, y con la presencia de agua **se transforma en un ácido corrosivo: ácido sulfúrico** (el de las baterías de coche), que normalmente ataca el hierro de las chimeneas y de los recuperadores -calentadores de aire y economizadores-. (Su presencia es máxima en algunos tipos de carbones de piedra y en algunos Fuel Oil pesados).

Hay **otros elementos en los combustibles que no producen la combustión**, que quedan en el hogar (cenizas: sílice, calcio, sodio, magnesio, etc) o salen por la chimenea en forma de cenizas, gases o vapores- (oxígeno, nitrógeno, agua, etc.), absorbiendo parte del calor que hemos generado . En el caso del agua, este calor absorbido es muy importante, ya que el calor latente de vaporización del agua es muy grande. El agua que contiene la leña (humedad) provoca grandes pérdidas (por cada Kg. de agua (**H₂O**) se pierde Aprox. 600 Kcal/Kg.) y en aquellos combustibles que contienen hidrógeno (**H**) el agua formada de la combustión también absorbe calor. (Pero el **H** aporta mucho calor al oxidarse y por cada 1 Kg. de **H** forma 9 Kg. **H₂O**).

FALTA DE AIRE O MALA COMBUSTION

COMBUSTIBLE + OXIGENO + **CALOR** + **TIEMPO** = CALOR

TODA LLAMA AL ENTRAR EN UN TUBO SE ENFRIA Y SE APAGA



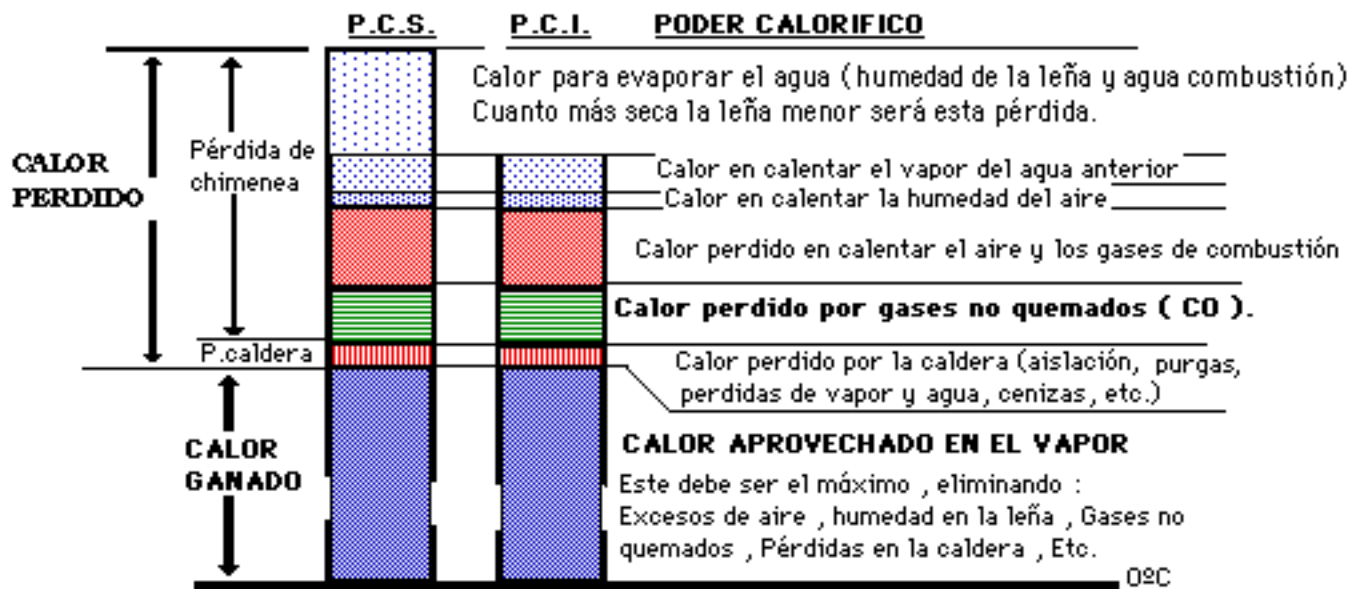
CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

La relación del hidrógeno al carbono (H/C, los dos elementos que producen calor, no considerando al azufre que produce poco calor y es indeseable), define entre los combustibles líquidos (fundamentalmente), **su mejor o peor reacción a la combustión**, es decir, que si un F. Oil tiene un mayor contenido de hidrógeno referente al carbono comparado con otro F. Oil (todos los otros combustibles más livianos lo tienen: F. Oil calefacción, Diesel Oil, Gas Oil, etc.) **será más fácil su combustión y menor el riesgo de formar hollín**. Esto parece lógico, debido a la alta producción de calor del hidrógeno y su alta velocidad de combustión, que mejora la combustión del carbono, que es de por sí más lenta su combustión (pero que a su vez el **carbono incandescente** produce un **efecto catalizador sobre la combustión**, haciendo que la misma se haga rápidamente, acortando el largo de la llama al aumentar su velocidad de combustión, problema que en los combustibles gaseosos de bajo contenido de carbono y por lo tanto de baja luminosidad, el largo de la llama será mayor).

De lo dicho anteriormente veremos que la **cantidad de calor que puede producir 1 Kg. de combustible** depende si consideramos que esa agua, que se encuentra en el combustible o que se forma en la combustión, se encuentre en forma de vapor (vapor que se va por la chimenea) o en forma de agua (enfriamos los gases de chimenea hasta 0°C- esto es prácticamente imposible). Este calor por Kg. de combustible se llama **Poder calorífico** de los combustibles, siendo el **Poder Calorífico Superior (P.C.S.)** si consideramos el agua traída y formada a 0°C (Agua condensada y gases de combustión a 0°C) y **Poder Calorífico Inferior (P.C.I.)** si consideramos el calor que ha quedado después de evaporar toda el agua traída y formada (Agua evaporada, gases y vapor de combustión a 0°C).

P.C.S. = PODER CALORIFICO SUPERIOR

P.C.I. = PODER CALORIFICO INFERIOR



P.C.I. = P.C.S. - CALOR EVAPORAR EL AGUA (humedad y combustión)

P.C.I. = P.C.S. - Kgr. de agua x 600 Kcal/Kgr. (valor aproximado)

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

El **aire** que utilizamos para la combustión esta formado **por oxígeno** (21% en volumen) **y nitrógeno** (79% en volumen, un gas que no interviene en la combustión, pero que al calentarse nos llevará calor por la chimenea) Y otros gases sin importancia numérica, que no intervienen en la combustión (argón, neón, helio,etc).

Como la atmósfera terrestre al nivel del mar **mantiene** esta **relación de oxígeno y nitrógeno** (hay otros gases en muy pequeña cantidad) y como **cada combustible tiene determinadas cantidades de carbono, hidrógeno, azufre, etc., el resultado de la combustión** (gases de chimenea) **tiene una relación para cada combustible** . Esta relación es única para cada condición de la combustión . (véase los diagramas de OSTWALD más adelante).

AIRE (Atmósfera)

Oxigeno : O ₂	21% en volumen.....	23% en peso
Nitrogeno: N ₂	79% en volumen.....	77% en peso

En el N₂ consideramos otros gases que contienen el aire y que no intervienen en la combustión (aprox. 1%).

Para lograr que la combustión sea completa, debemos de hacer llegar cada partícula (molécula) de oxígeno (O₂) que se se "toque" con cada partícula del combustible (molécula) y que haya la temperatura suficiente para que se produzca la combustión (oxidación, unión de los átomos oxígeno con los átomos de hidrógeno, carbono, azufre). Para lograr esto veremos que necesitaremos más aire que el necesario (**aire mínimo ó estequiométrico**) y este aire en exceso (llamado **exceso de aire**) es un mal necesario, ya que toda partícula de aire en exceso que calentemos saldrá por la chimenea llevándose calor innecesariamente.

Por lo tanto, debemos tratar que el combustible y el aire se mezclen lo más íntimamente posible, poniendo sólo aire en exceso para lograr que haya una **combustión completa** (que no quede combustible sin quemar), pero que este exceso no sea demasiado alto, ya que nos lleva calor por la chimenea.

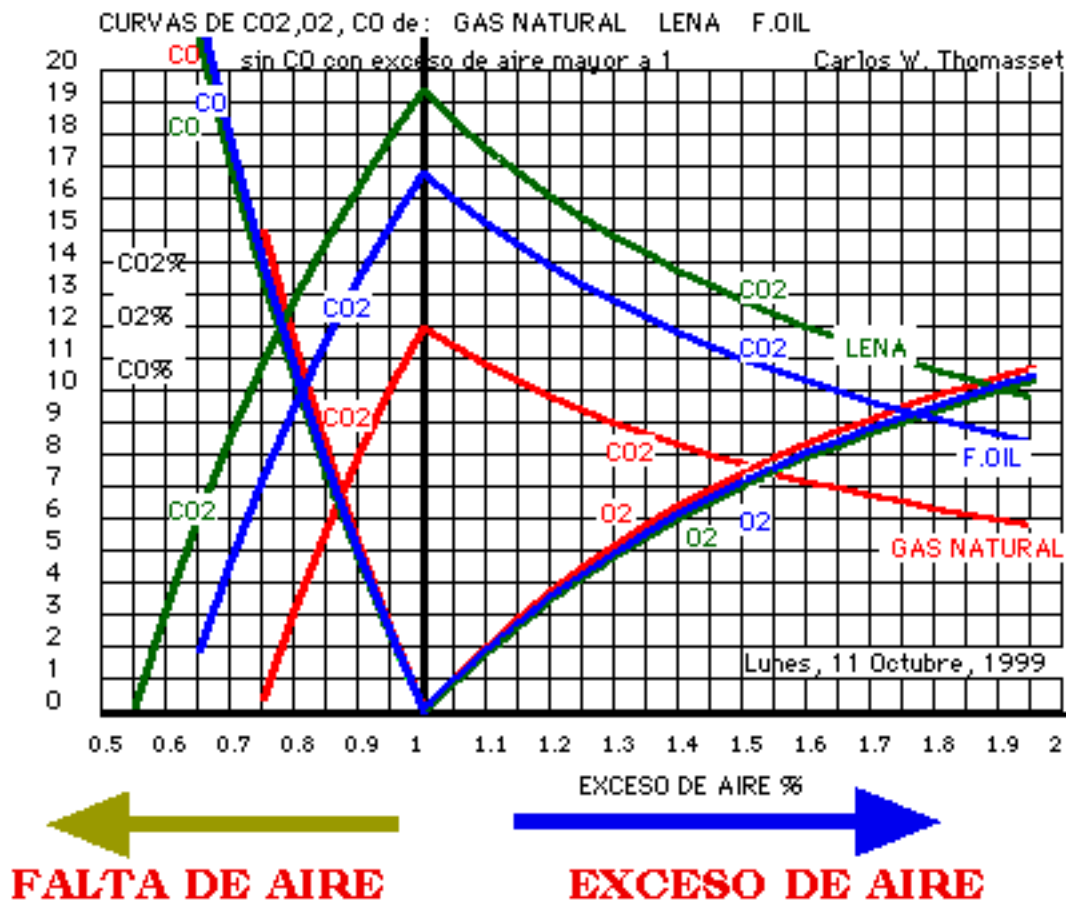
Dado que los gases de chimenea de acuerdo a cada combustible mantienen una única y determinada relación, es decir, si medimos la composición de esos gases de chimenea, **podremos saber el exceso de aire** que estamos utilizando .

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



Por ejemplo: Si quemáramos F. Óil y midiéramos el oxígeno en en los gases de chimenea, tendríamos 3 casos: 1- no hay oxígeno (falta exceso de aire): combustión incompleta (generalmente humos negros) o combustión completa (prácticamente imposible ya que sería el caso de aire estequiométrico), 2- hay un % de oxígeno y no hay monóxido de carbono (hay exceso de aire): puede haber una buena combustión o una mala (humos, hollín, por falta de mezcla o temperatura). 3- Hay un % de oxígeno y hay monóxido de carbono: mala combustión (combustión incompleta, presencia en general de humos, hollín, etc..)

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



Siempre se necesita un exceso de aire para lograr una combustión completa (o casi completa), cuanto mayor sea este exceso de aire, mayor será pérdida por este concepto.

CADA COMBUSTIBLE Y TIPO DE QUEMADOR TIENE SU EXCESO DE AIRE MINIMO, DADO QUE POR DEBAJO APARECEN LOS GASES NO QUEMADOS O EL HOLLIN.

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



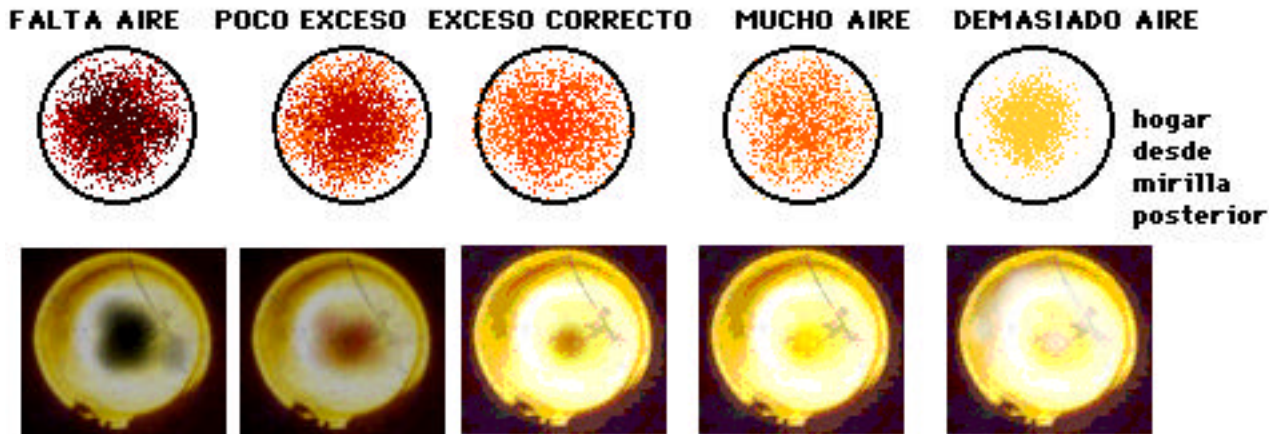
Hollín: (carbono en forma de partículas de carbón, generalmente hay presencia de humos). En el **caso 2** (sin humos y con un exceso de oxígeno) podremos saber el exceso de aire sin necesidad de otros valores, ya que a cada exceso de oxígeno corresponde un exceso de aire, sabiendo la composición del combustible la medida será más precisa. Ver diagramas de OSTWALD más adelante. El problema es que algunos combustibles no producen humos o forman hollín visibles (más bien el carbono mal quemado sale en forma de **CO- monóxido de carbono- u otros derivados orgánicos**) estos combustibles de difícil formación de hollín, son la leña y los gases naturales y gases derivados del petróleo o artificiales.

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

CONTROL DE COMBUSTION EN F.OIL

Observando:

COLOR DE LA LLAMA INDICA LA RELACION AIRE/COMBUSTIBLE

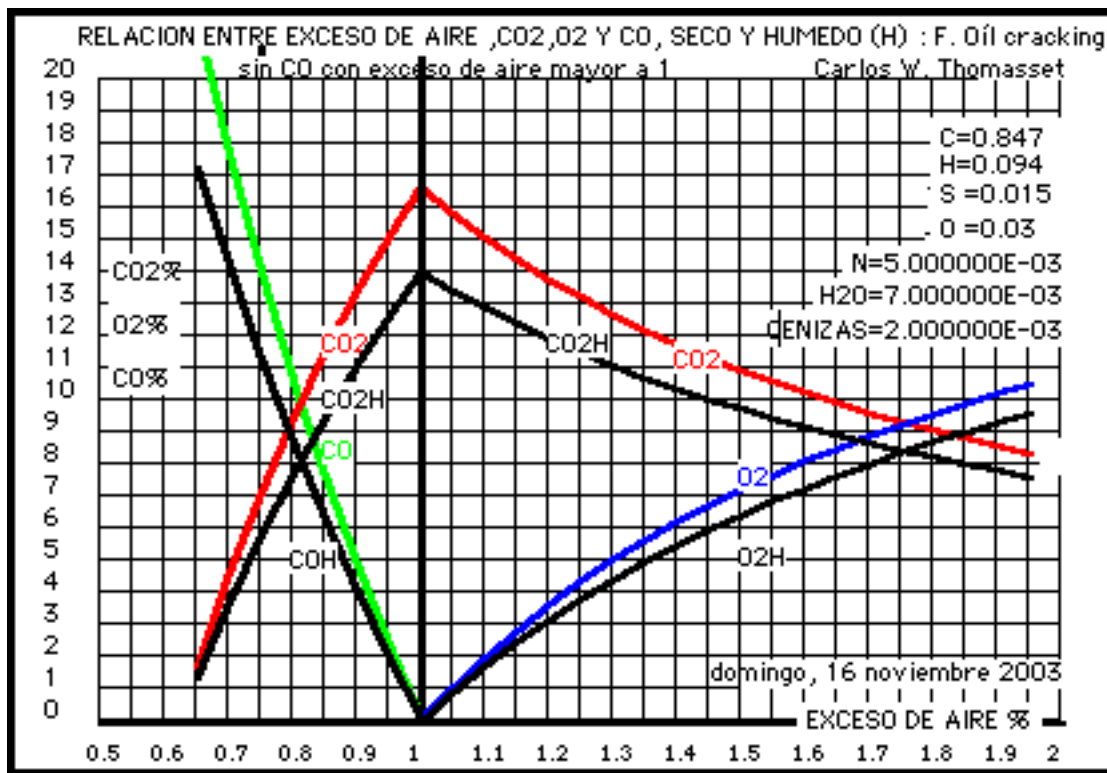


El otro gas que podemos medir en chimenea y de acuerdo a su % sabremos el **exceso de aire** es el **anhídrido carbónico (CO₂)**, si la cantidad de aire fuera la mínima necesaria (aire estequiométrico), habría un máximo de **CO₂** (característico de cada combustible: del Fuel Oil Pesado es aprox. el 16% en base seca, de los celulósicos el 20 %, en gas natural un 11,5%, etc.) . A medida que aumenta el exceso de aire disminuye el % de **CO₂** en los gases debido a que los gases aumentan por el aumento de la cantidad de aire. (no significa que se produzca menos **CO₂** , si no que el mismo se **diluye**). Si determinamos el % de exceso de aire en base al % de el **CO₂** solamente, para que el resultado sea correcto no debe haber presencia de monóxido de carbono. **Cuando medimos el % de monóxido de carbono (CO) y medimos el % de oxígeno (O₂) y anhídrido carbónico (CO₂), podremos relacionar a las 3 medidas y saber el exceso de aire sin necesidad de saber la composición del combustible.** (Caso del ORSAT).

Es muy importante la medida en los gases de chimenea, ya que la misma nos dará el resultado de la calidad de combustión y del exceso de aire, ambos elementos son pérdidas de energía que debemos limitar en la caldera.

La medición en % de los gases de chimenea podrá ser referido a **base seca** (o sea condensando la humedad de los gases de chimenea-la medida más común) o **base húmeda** (o sea teniendo en cuenta la humedad de los gases de chimenea).

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



La medida más fácil de hacer es la del anhídrido carbónico (**CO₂**), como por ejemplo: con el equipo **Fyrite** que funciona por absorción del gas en hidróxido de potasio. Cuando deseamos medir los 3 gases (**CO₂**, **CO** y **O₂**) el equipo más sencillo por absorción química es el **ORSAT**. Después se podrá medir con equipos que funcionan en forma eléctrica o electrónica (celdas electro-químicas (**O₂**), celdas catalíticas (**CO**), puentes de disipación (**CO₂**), etc..

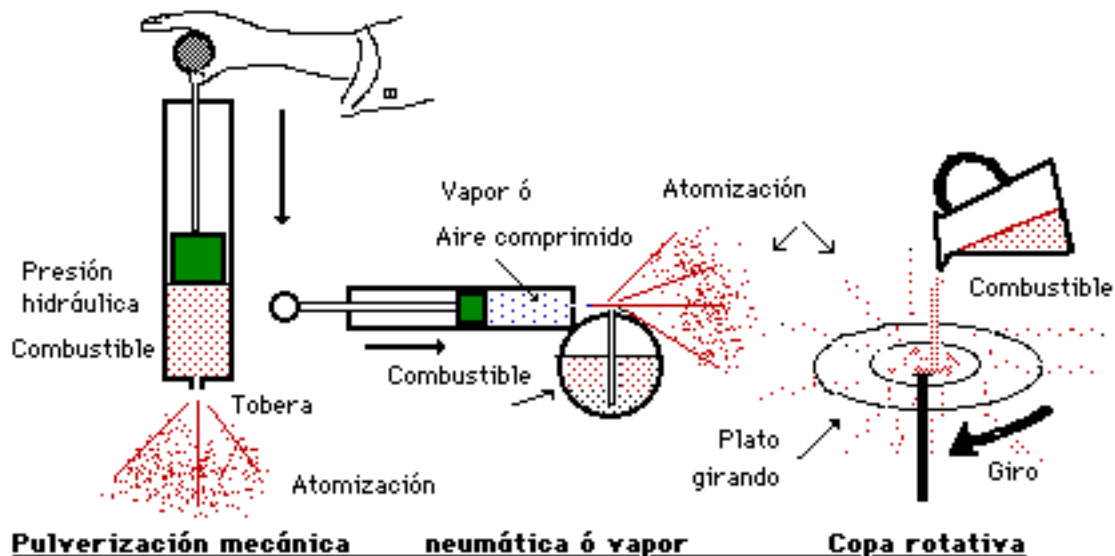
No sólo monóxido de carbono (**CO**) puede resultar como gas sin quemar en los gases de chimenea, pueden salir también otros gases (Hidrógeno (**H₂**) ó componentes orgánicos volátiles) pero que afines prácticos se toman como si fueran todos **CO** (generalmente cuando se detecta **CO** estos gases combustibles podrán estar presentes).

Vemos que los combustibles son sólidos, líquidos o gaseosos. Para poder lograr una buena combustión, necesitamos que los combustibles y el aire se **mezclen íntimamente**, para ello no hay mejor forma que gasificarlos (volatilizarlos): los combustibles gaseosos se mezclan directamente, los combustibles líquidos se "pulverizarán" (atomización) y los combustibles sólidos se calentarán en trozos (combustión primaria) para que se "volatilicen".

Pero debe de quedar claro, que aunque el **combustible** sea **un gas**, por más que se mezcle con el aire, tiene que haber suficiente **temperatura** (calor) y **tiempo** para que se realice su **combustión** (oxidación) **completa**.

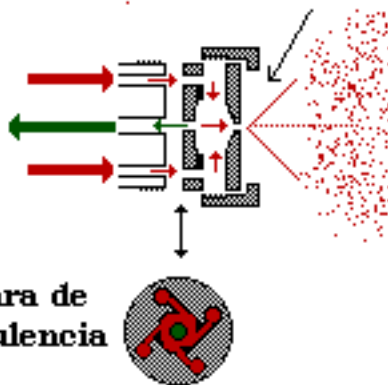
CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

ATOMIZACION DE COMBUSTIBLE



Por eso tendremos: que **los combustibles líquidos** se pulverizarán en quemadores que utilizarán los siguientes medios: asistidos por **atomización a vapor** (utilizan el vapor para impulsar al combustible en forma de "gotitas" muy pequeñas), ó **atomización neumática** (utilización aire a presión con el mismo fin), **atomización mecánica** (utilizan altas presiones de descarga en orificios llamados: "toberas", "punteros" o "pastillas", cuya forma interior permite formar un rocío muy fino al liberarse) y mecánica de **copa rotativa** (atomizan utilizando la fuerza centrífuga).

Pastilla atomización



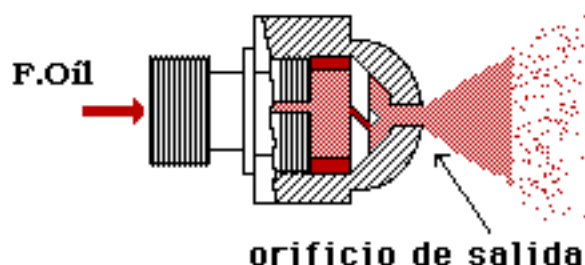
ATOMIZACION MECANICA CON REGULACION POR RETORNO DE COMBUSTIBLE

- Presión de combustible (20 a 30 kgr/cm²)
- Presión retorno variable (5 a 15 Kgr/cm²)

F.Oil calefacción 120°C F.Oil pesado 135°C

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

TOBERAS DE ATOMIZACION MECANICA COMUNES



Presión de atomización variable según combustible

F.Oil calefacción de 20 a 25 kg/cm² - 120°C

F.Oil pesado de 21 a 29 Kgr/cm² - 135°C

TOBERAS :

Comunes y H.O. (heavy-Oil)

Angulos de atomización : 30°, 45°, 60°, ... 90°

Forma del cono : según marca designación

Los combustibles livianos como el Diesel Oil y Gas Oil se utilizan con quemadores a pulverización asistida o mecánica normalmente como vienen (sin calentar). Como los Fuel Oil pesados y semipesados cuestan fluir por la cañerías debido a que tienen una consistencia como "pastosa" (alta **viscosidad**) cuando están fríos, para lograr su transporte por las cañerías y bombas, así como hacerlos pulverizar, es necesario **calentarlos a distintas temperaturas** según sea el tipo de F.Oil y el tipo de bomba, cañerías y tipo de quemador a utilizar. Esta calefacción podrá ser con calefactores a vapor o utilizando calefactores eléctricos (o ambos sistemas en forma alternativa, eléctrico para comenzar cuando no hay vapor y vapor una vez que la caldera ha comenzado a generar el mismo).

COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Poder Calorífico por Kg. aumenta con la densidad

COMPARACION DEL PODER CALORIFICO SUPERIOR

Combustible	Kg/L Peso por litro	PCS Kcal/L Por litro	PCS Kcal/kg Por Kilo
Nafta	0,730 Kg/L	8.240 Kcal/L	11.200 Kcal/kg
Kerosene	0,800 Kg/L	8.900 Kcal/L	11.700 Kcal/kg
Gasoil	0,846 Kg/L	9.221 Kcal/L	10.900 Kcal/kg
Diesel Oil	0,846 Kg/L	9.386 Kcal/L	10.820 Kcal/kg
F.Oil Calef.	0,923 Kg/L	9.987 Kcal/L	10.820 Kcal/kg
F.Oil Pesado	+0,965 Kg/L	10.113 Kcal/L	10.480 Kcal/kg

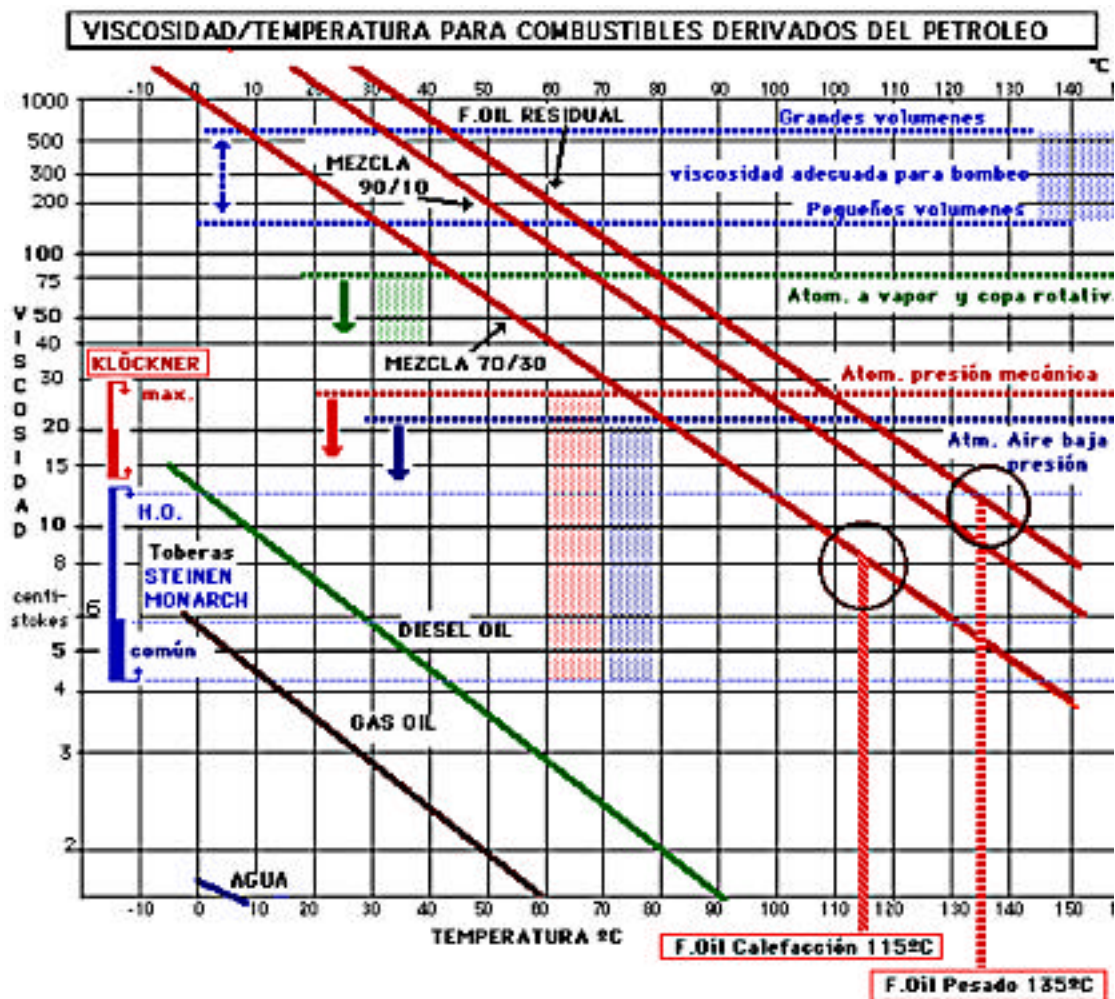
Kcal/litro = kcal/kg x Peso por litro

Sustituir 1 Litro de F. Oil por 1 Litro de Gasoil no es un buen negocio.

Así, para el F. Oil pesado veremos que para moverlo con bombas (generalmente del tipo engranajes-

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

desplazamiento positivo), es necesario **calentarlos a 60°C** para lograr su bombeo sin forzar las cañerías y bombas (disminuir su viscosidad) y que para utilizarlo en los distintos quemadores, tendremos que **calentarlo a: Atomización mecánica a más de 120°C** (y más también en los quemadores modernos de arranque directo con chispa, unos 145°C), en los de **atomización por aire** también serán calentados a estas temperaturas (ya que el aire no aporta calor al atomizarlo, más bien lo enfría), en los de **atomización a vapor** se calentará a **por lo menos 85°C** (ya que el vapor aporta calor, pero puede ser precalentado a 110°C) y los de **copa rotativa** a por lo menos **85°C y no mucho más** (ya que si se calienta demasiado éste "patinará" sobre la copa, no pudiendo ser "arrojado" en forma de gotitas).



El **F.Oíl de calefacción** debe ser **calentado menos** debido a que tiene menor "viscosidad" que el F.Oíl pesado a la misma temperatura, unos **120°C**. (**Viscosidad:** es una medida que permite comparar el trabajo que hay que hacer para hacer fluir o pasar un líquido por una cañería o restricción, generalmente **a mayor temperatura los líquidos disminuyen la viscosidad**. Hay varias formas de expresarla, por lo general son tiempos de pasaje de una determinada cantidad de líquido a una temperatura por un orificio).

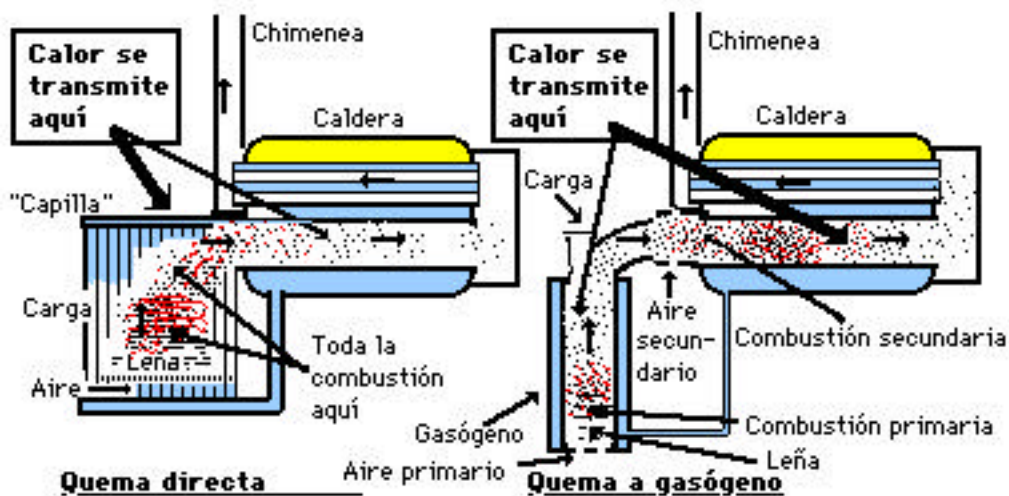
CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

Todo **combustible calentado en tanques** produce gases que son explosivos o fácilmente inflamables, se deberá tener un sistema adecuado para su calefacción. (con el venteo de gases que descargue en zonas no contaminantes o confinadas).

El exceso de temperatura produce ensuciamientos en las líneas y "tapones" de vapores que dificultan al bombeo (pérdida de succión de las bombas). De la misma manera la presencia de agua provoca problemas de atomización y combustión.

Cualquiera sea el combustible que utilicemos: **antes de encender, debe de hacerse un "barrido" con aire** (al máximo aire, un tiempo que depende del tipo de combustible) **de la mezcla de gases combustibles que pueden formarse en el hogar** (restos de combustibles que se volatizan) ya que su encendido podrá ser violento por la mezcla de estos gases y el poco aire necesario para el arranque, produciendo una "explosión de hogar" y según el tipo de caldera podrá ser altamente peligrosa. (toda caldera debe ser "ventilada o barrida con el aire" antes de encender sus quemadores o fuegos, y cada vez que se intente su encendido, aún al fallar un intento de encendido. Veremos que los quemadores automáticos tendrán esta etapa incluida en su sistema de arranque).

En muchas condiciones se deberá usar un combustible auxiliar para el encendido del combustible principal: puede ser un pequeño mechero de gas (generalmente automático), mechero manual de gas o con "hisopo" de Queroseno o Gas Oíl , o en el caso de la leña con un pequeño fuego con "trapos empapados " con combustibles semipesados (con el hogar frío y ventilado). Todas estas operaciones deben ser cuidadosamente pensadas para evitar un accidente (La llama auxiliar después del barrido con aire y siempre antes que el combustible principal) . No intentar encender con el calor del refractario del hogar, si no hay piloto, hay riesgo de explosión.



Los sistema de combustión de leña los podemos resumir en las siguientes clasificaciones : **quema directa y gasógeno.**

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

QUEMA DE LEÑA (EUCALIPTOS)

LLAMA QUEMA DIRECTA VISTA DESDE MIRILLA HOGAR

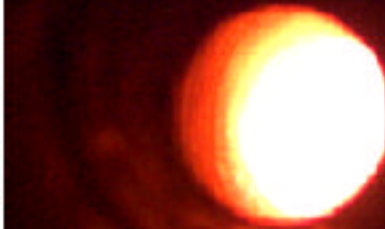


En la quema directa, como su nombre lo indica, la combustión se produce en un hogar en forma completa, actuando con una alta temperatura de radiación directa sobre este hogar, pudiendo quemar prácticamente todos los combustibles imaginables (de leña y cáscaras - arroz, girasol, coquitos, etc., de pequeños y grandes tamaños: de "chips" a "rollos" largos). El hogar donde se produce la combustión total generalmente está formado por una estructura refrigerada por circulación de agua (acuo-tubular- se llama por su forma: "capilla"), siendo su % de vaporización muy elevado con respecto al cuerpo de la caldera en sí (más del 40%), esto le da a la caldera una gran respuesta.

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

El control de la combustión se hace por la mirilla posterior regulando la entrada de aire por la "cámara torsional". Se debe ver una llama "azulada" y "corta", siendo el ideal que haya un control automático por O₂ de "célula de óxido de zirconio".

LLAMA GASOGENO A LEÑA
VISTO EN CAMARA TORSIONAL



En la **quema por gasógeno**, se efectúa una quema parcial (una gasificación) en un hogar con "falta" de aire (se produce gran cantidad de CO, este primer hogar es refrigerado por agua de la misma caldera) , haciendo luego una segunda combustión en otro hogar (generalmente en el interior de la caldera u hogar principal- con calor convectivo y conductivo fundamentalmente por ser la llama menos luminosa). El combustible normalmente tolerable son "astillas grandes " o "rolos" cortos, no pudiendo quemar indiscriminadamente cualquier combustible (tolera menos los altos % de humedad). En el gasógeno sólo se produce una parte mínima de la combustión, siendo ésta muy baja en la producción de calor (ya vimos que la formación de CO es 1/3 del calor total), en el gasógeno es baja la transferencia de calor, haciendose ésta en el hogar de la caldera (o sea en la segunda combustión, por lo que es muy importante que esta combustión sea completa antes de entrar en los tubos).

Ambos sistemas mantienen un nivel de carga de combustible y su combustión se regula ajustando los aires, primarios , secundarios, etc..

En el caso que deba detenerse la combustión momentáneamente, **se cerrarán los aires totalmente**, pero se debe tener precaución al reiniciar la combustión en el caso del gasógeno , el cual necesitará una llama "piloto"(en algunos casos) debido a que es necesario el "reencendido" de la combustión secundaria (de lo contrario podrán producirse contra-explosiones) en otros la misma llama primaria se "alarga".

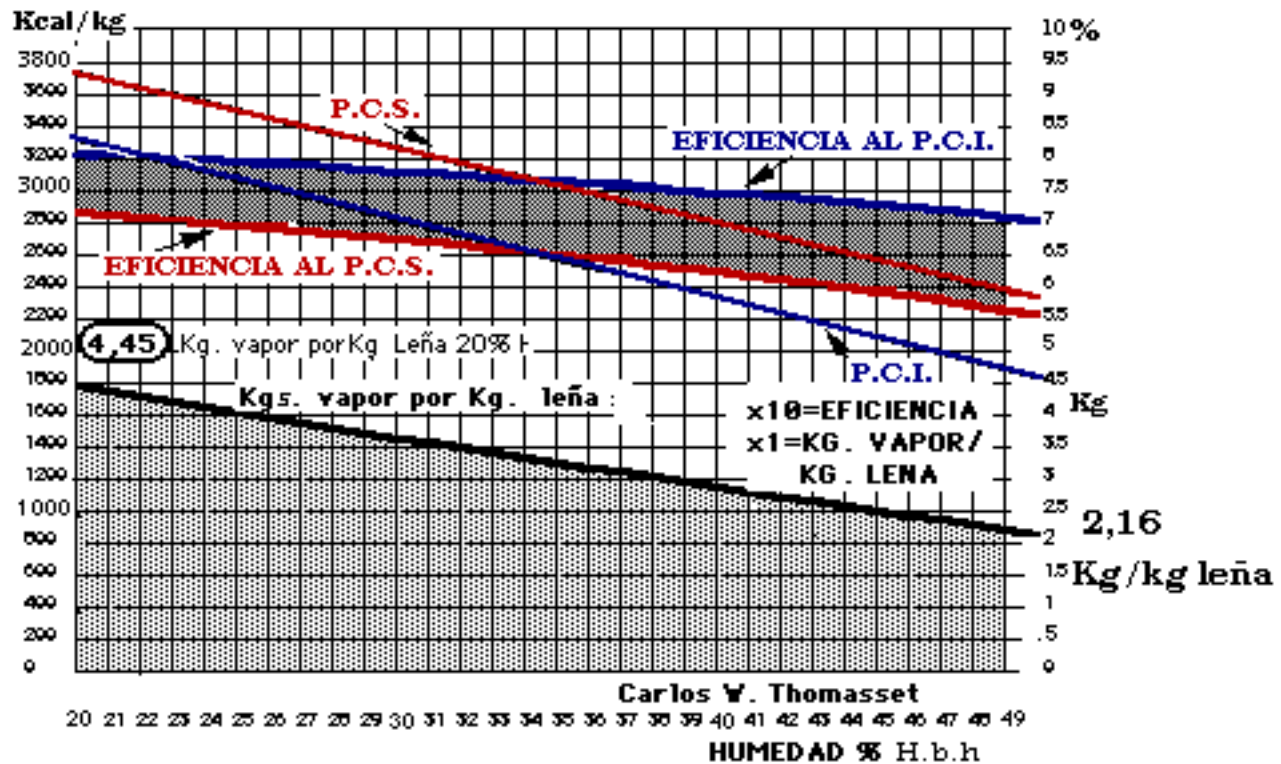
CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

LEÑA

Poder Calorífico por Kg. disminuye con la humedad

INCIDENCIA DE LA HUMEDAD DE LA LEÑA

COMBUSTIBLE: LEÑA C= .502 H= .07 O= .42 S= 0 N= 0 CENIZAS= .008



CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

COMBUSTIBLES GASEOSOS

Poder Calorífico por m³. aumenta con la densidad

			densidad	Kcal/kg	Kcal/kg
		Peso molecular	Kg/m ³	P.C.S.	P.C.I.
METANO	CH ₄	16.041	0.6796K/m ³	13,266.46	11,955.87
ETANO	C ₂ H ₆	30.067	1.2860K/m ³	12,400.32	11,351.41
PROPANO	C ₃ H ₈	44	1.9156K/m ³	12,034.20	11,080.29
NBUTANO	C ₄ H ₁₀ N	58.118	2.5339K/m ³	11,838.09	10,933.62
ISOBUTANO	C ₄ H ₁₀ I	58.118	2.5339K/m ³	11,809.75	10,905.28
PENTANO ISO	C ₅ H ₁₂ N	72.144	3.0496K/m ³	11,717.53	10,843.06
PENTANO N	C ₅ H ₁₂ I	72.144	3.0496K/m ³	11,695.86	10,821.39
N HEXANO	C ₆ H ₁₄	86.169	3.6423K/m ³	11,633.64	10,779.72
ANHI CARBON	CO ₂	44.01	1.8740K/m ³	0.00	0.00
NITROGENO	N ₂	28.016	1.1915K/m ³	0.00	0.00

Elementos indeseables en los combustibles :

Todos elementos que puedan perjudicar el funcionamiento del quemador o la combustión, deben de ser evitados.

El **agua** en los combustibles líquidos y gaseosos o "humedad en los combustible sólidos ", deben ser evacuadas antes de llegar al quemador o en el caso de la leña, que sea lo más seca posible, ya que no sólo provocan pérdidas de energía, sino que en los quemadores de líquidos y gases pueden provocar mala atomización (inclusive el apagado del quemador o la dificultad de su encendido. Aunque una pequeñísima cantidad de agua en el combustible puede favorecer su combustión - menos del 1% en emulsión completa se dice que actúa como un catalizador de la misma).

El **azufre** , aporta muy poco calor, siendo altamente corrosivo, en lo posible debe ser evitado (su corrosión puede ser muy importante en la caldera, hay una corrosión en zonas frías: recuperadores de calor - economizadores y calentadores de aire- o en zonas calientes -sobrecalentadores - en este caso actúa por el vanadio en el caso del F.Oíl).

"**Barros y arenas**" en los combustibles líquidos provocan desgastes y problemas de ensuciamiento. La instalación de filtros y el lugar adecuado de las tomas del combustible permiten su limpieza (tanques de decantación para el agua y barros que se purgarán regularmente).

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



Manejo de los combustibles:

Los combustibles gaseosos son muy peligrosos, su manejo responde a normas muy estrictas. Todo manejo de combustibles líquidos se debe hacer de acuerdo a su "peligrosidad", es decir, si es fácilmente "inflamable", (que sea explosivo al mezclarse con el aire o que se prenda fuego con facilidad, se mide al hacer el análisis que se llama "**Flash Point**" : da la temperatura en la que se prende fuego en el aire al contacto con una llama) o que pueda mantener fácilmente la combustión (esto se mide por el análisis "**Fire Point**" : que mide la temperatura a la que el combustible una vez encendido es capaz de mantener su combustión en forma continua por sí sólo en contacto con el aire).

Así veremos que el orden de tener cuidado en su manejo es del Gas Oil, al Diesel Oil, al F.Oil Calefacción, al F. Oil pesado (**cuidando de no poner nunca Nafta o disolventes en un tanque con combustible**).

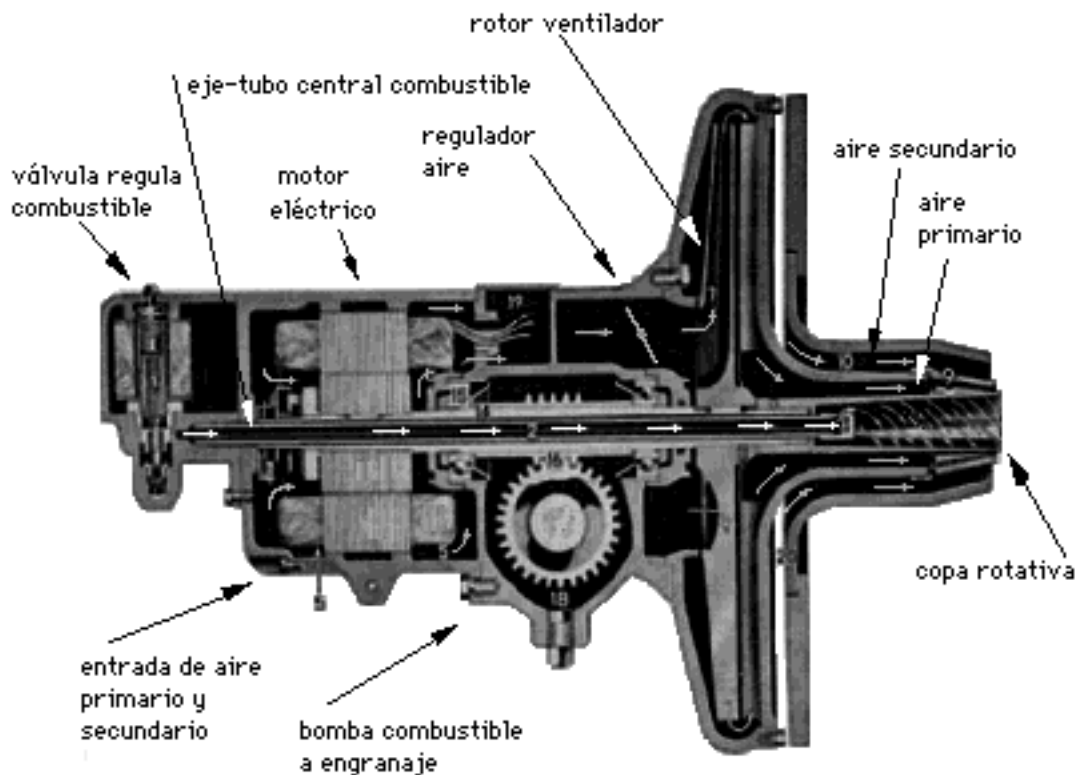
En el caso de la leña, si se establecen "pilas" o "montones" de leña muy picada ("**chips**"), al ser acumulado con humedad, si ésta se encuentra mucho tiempo estacionada puede provocar el "ardido" o combustión por fermentación, que si bien es una combustión lenta al principio, puede degenerar en un incendio.

Siempre que se entren en tanques de combustibles u hogares, estos deben ventilarse correctamente y asegurarse que no haya mezclas explosivas de combustibles gasificados con aire. En el caso que sea necesario **soldar o reparar un tanque** que ha tenido algún combustible es conveniente una **limpieza con vapor de 48 horas** (introduciendo vapor de baja presión con un caño que lo distribuya en el interior, ventilando y sacando su condensado en la parte inferior; haciendo luego "correr" aire con un forzador. Antes de soldar "probar" si es posible con un "explosímetro" si no hay una mezcla de gases explosivos - inclusive es conveniente mantener una fuerte circulación de aire mientras se suelda o repara el tanque, ya que pueden desprenderse gases al calentarse la "chapa" del tanque con la misma soldadura).

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

Nunca debe hacer este tipo de tareas una persona sola. Tomar todas la precauciones necesarias: es una tarea muy "peligrosa".

Los tanques de combustible deben ser correctamente diseñados para facilitar el venteo de gases, la limpieza anual, la purga de aguas, la calefacción del combustible, la corrosión exterior, la inundación por lluvias o la pérdidas de combustible a subsuelo, así como su aislación al rigor del invierno.



QUEMADOR COPA ROTATIVA PARA COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Recordar que: **cada quemador se ajusta a cada tipo de combustible**, por lo que se deberá tener la precaución de evitar equivocaciones al pedir combustibles o tener cuidado al mezclar combustibles distintos, ya que ésto puede provocar problemas de combustión o fallas que pueden ser importantes.

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

EXPLOSION DE HOGAR DE CALDERA CON GAS NATURAL



Caldera de 15 Tn/h, 12 kg/cm² de presión.